

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

48

(11)Publication number : 11-133301

(43)Date of publication of application : 21.05.1999

(51)Int.Cl.

G02B 13/24
G03F 7/20
H01L 21/027

(21)Application number : 10-225392

(71)Applicant : NIKON CORP

(22)Date of filing : 24.07.1998

(72)Inventor : ISHIYAMA TOSHIRO

(30)Priority

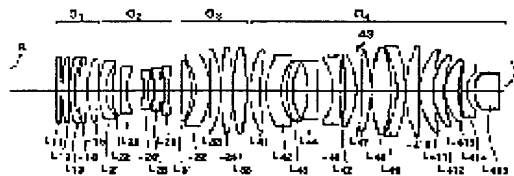
Priority number : 09249517 Priority date : 29.08.1997 Priority country : JP

(54) PROJECTION OPTICAL SYSTEM EXPOSURE DEVICE AND MANUFACTURE OF SEMI-CONDUCTOR DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a projection optical system whose exposure range is sufficiently wide, whose numerical aperture is sufficiently large and which is constituted so that the outside diameter of a lens is sufficiently suppressed from being enlarged.

SOLUTION: The projection optical system projecting the image of a 1st substance R on a 2nd substance W is constituted of a 1st lens group G1 having positive power, a 2nd lens group G2 having negative power, a 3rd lens group G3 having the positive power and a 4th lens group G4 having the positive power in turn from the 1st substance R side. In such a case, when a distance on an optical axis between a focus position formed by the whole projection optical system and the lens surface positioned at the nearest position to the substance R side in the projection optical system when paraxial luminous flux parallel with the optical axis is made incident from the substance W side of the projection optical system is defined as E_n , a distance between the substance and the image of the projection optical system is defined as TT and the projecting magnification of the projection optical system is defined as β , the conditions of $|E_n|/TT > 2.5$ and $-0.179 < \beta < -0.125$ are satisfied.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-133301

(43) 公開日 平成11年(1999) 5月21日

(51) Int.Cl.⁸

識別記号

F I

G 0 2 B 13/24

G 0 2 B 13/24

G 0 3 F 7/20

5 2 1

G 0 3 F 7/20

5 2 1

H 0 1 L 21/027

H 0 1 L 21/30

5 1 5 D

5 1 6 A

審査請求 未請求 請求項の数 8 F D (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平10-225392

(22) 出願日 平成10年(1998) 7月24日

(31) 優先権主張番号 特願平9-249517

(32) 優先日 平 9 (1997) 8月29日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 石山 敏朗

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株

式会社ニコン内

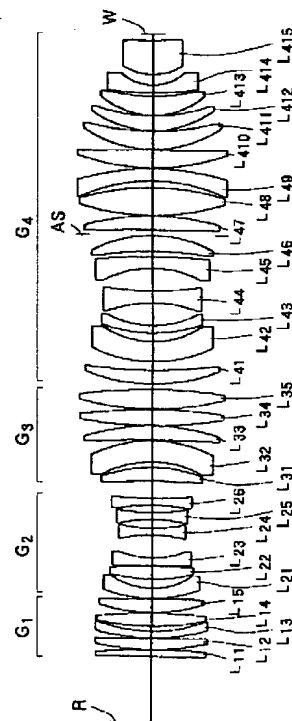
(74) 代理人 弁理士 猪熊 克彦

(54) 【発明の名称】 投影光学系、露光装置及び半導体デバイスの製造方法

(57) 【要約】

【課題】十分に広い露光範囲と、十分に大きな開口数を持ち、しかもレンズ外径の拡大を十分に抑えた投影光学系を提供する。

【解決手段】第1物体Rの像を第2物体W上に投影する投影光学系PLにおいて、第1物体R側から順に、正のパワーを有する第1レンズ群G₁、負のパワーを有する第2レンズ群G₂、正のパワーを有する第3レンズ群G₃、正のパワーを有する第4レンズ群G₄より構成され、且つ、En:投影光学系の第2物体側から光軸と平行な近軸光束を入射させた場合における全投影光学系によって形成される焦点位置と、投影光学系中の最も第1物体側に位置するレンズ面との光軸上の距離、TT:投影光学系の物像間距離、β:投影光学系の投影倍率としたとき、 $|En|/TT > 2.5$ 、 $-0.179 < \beta < -0.125$ なる条件を満たす。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】第 1 物体の像を第 2 物体上に投影する投影光学系において、

前記第 1 物体側から順に、正のパワーを有する第 1 レンズ群、負のパワーを有する第 2 レンズ群、正のパワーを有する第 3 レンズ群、正のパワーを有する第 4 レンズ群より構成され、且つ以下の条件を満足することを特徴とする投影光学系。

$$(1) |E_n|/TT > 2.5$$

$$(2) -0.179 < \beta < -0.125$$

但し、 E_n ：投影光学系の第 2 物体側から光軸と平行な近軸光束を入射させた場合における全投影光学系によって形成される焦点位置と、投影光学系中の最も第 1 物体側に位置するレンズ面との光軸上の距離

TT ：投影光学系の物像間距離

β ：投影光学系の投影倍率

である。

【請求項 2】投影光学系の像側最大開口数を NA としたとき、 $NA > 0.5$ であることを特徴とする請求項 1 記載の投影光学系。

【請求項 3】前記第 1 レンズ群は少なくとも 2 枚の正レンズを含み、前記第 2 レンズ群は少なくとも 3 枚の負レンズを含み、前記第 3 レンズ群は少なくとも 2 枚の正レンズを含み、前記第 4 レンズ群は少なくとも 5 枚の正レンズと少なくとも 3 枚の負レンズを含むことを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の投影光学系。

【請求項 4】以下の条件を満足する請求項 1、2 又は 3 記載の投影光学系。

$$(3) 0.1 < F1/TT < 0.4$$

$$(4) 0.03 < -F2/TT < 0.07$$

$$(5) 0.05 < F3/TT < 0.3$$

$$(6) 0.04 < F4/TT < 0.2$$

但し、 $F1$ ：前記第 1 レンズ群の焦点距離

$F2$ ：前記第 2 レンズ群の焦点距離

$F3$ ：前記第 3 レンズ群の焦点距離

$F4$ ：前記第 4 レンズ群の焦点距離

である。

【請求項 5】以下の条件を満足する請求項 1、2、3 又は 4 記載の投影光学系。

$$(7) 0.7 < E\phi / (Hi + 0.2 \times TT \times \tan(\sin^{-1}(NA))) < 1.1$$

但し、 $E\phi$ ：投影光学系を構成するレンズの最大有効径

Hi ：前記第 2 物体上の最大像高

NA ：投影光学系の像側最大開口数

である。

【請求項 6】前記第 1 物体を照明する照明光学系と、前記第 1 物体を支持する第 1 支持部材と、請求項 1～5 のいずれか 1 項記載の投影光学系と、前記第 2 物体を支持する第 2 支持部材とを備えることを特徴とする露光装置。

【請求項 7】前記照明光学系は、紫外域の光を発する光源と、該光源からの光束を狭帯化する手段を有し、前記投影光学系は、単一の硝材によって構成されることを特徴とする請求項 6 記載の露光装置。

【請求項 8】前記第 1 物体上に描かれた回路パターンを照明光学系によって照明する工程と、請求項 1～5 のいずれか 1 項記載の投影光学系を用いて前記回路パターンの像を前記第 2 物体上に転写する工程とを含むことを特徴とする半導体デバイスの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、投影原版上の回路パターンを感光性基板上に転写することによって半導体デバイスを製造する露光装置に関し、特に露光装置に用いられる投影光学系に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、半導体デバイス製造用の露光装置に用いられる投影光学系としては、種々の光学系が提案されている。その中でも、物体側（投影原版側）、像側（感光性基板側）の両側が実質的にテレセントリックとなっている光学系が、例えば特開平 3-88317 号公報や特開平 4-157412 号公報などに開示されている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、半導体デバイス上により細かな回路パターンを形成することができる高解像な投影光学系が求められており、そのために、光源の短波長化と、投影光学系の高 NA （開口数）化が求められている。したがって、例えば KrF エキシマレーザを光源とする露光装置においても、より大きな開口数を有する投影光学系が必要となっており、開口数の拡大に伴って、投影光学系のレンズ外径は拡大する傾向にある。他方、より微細なパターンを良好な状態で結像するためには、硝材の均質性や、レンズの面形状の加工精度などのレンズの製造上の要求が厳しくなるが、レンズ外径の拡大は、これらの製造上の困難さをより助長することとなる。また、レンズ外径の拡大に伴って、ガラス材料の体積増大をもたらし、コストの上昇を招く。そこで本発明は、十分に広い露光範囲と、十分に大きな開口数を持ち、しかもレンズ外径の拡大を十分に抑えた投影光学系と、この投影光学系を用いた露光装置と、この露光装置を用いた半導体デバイスの製造方法を提供することを課題とする。

【0004】

【課題を解決するための手段】上述の課題を解決するために、本発明による投影光学系は、第 1 物体の像を第 2 物体上に投影する投影光学系であって、第 1 物体側から順に、正のパワーを有する第 1 レンズ群、負のパワーを有する第 2 レンズ群、正のパワーを有する第 3 レンズ群、正のパワーを有する第 4 レンズ群より構成され、且

つ以下の条件を満足するように構成されている。

$$(1) |E_n|/TT > 2.5$$

$$(2) -0.179 < \beta < -0.125$$

但し、 E_n ：投影光学系の第2物体側から光軸と平行な近軸光束を入射させた場合における全投影光学系によって形成される焦点位置と、投影光学系中の最も第1物体側に位置するレンズ面との光軸上の距離

TT ：投影光学系の物像間距離

β ：投影光学系の投影倍率

である。なお、全投影光学系によって形成される焦点位置とは、上記投影光学系の入射瞳位置に対応するものである。

【0005】本発明の投影光学系においては、投影光学系が実質的に第1物体側にテレセントリックとなるように、正のパワー（屈折力）を有する第1レンズ群が最も第1物体側に配置される。第2レンズ群と第3レンズ群とは、それぞれ負のパワー（屈折力）と正のパワー（屈折力）とを有することにより、第1物体側から見て逆望遠型の構成となっており、したがって広視野の第1物体面からの光線を投影光学系に導く構成となっている。さらに、正のパワー（屈折力）を有する第4レンズ群によって、そのように導かれた光線を大きな開口数の光線として結像する。条件式（1）は、像面となる第2物体面が、光軸方向に誤差を持って位置しても倍率誤差を生じないようにするために、実質的に像側テレセントリックな光学系を構成するための条件である。この条件式

（1）の下限を越えると、テレセントリック性が悪化して、倍率誤差を生じやすくなるため好ましくない。

【0006】条件式（2）は、投影光学系の倍率 β の適正な範囲を規定するものである。従来より提案されている縮小投影系の光学系には、 $1/10$ 倍、 $1/5$ 倍、 $1/4$ 倍、 $1/2.5$ 倍などの投影倍率の光学系が提案されている。このなかで、現在半導体製造のプロセスにおいて、クリティカルレイヤーといわれる最も微細なパターンを焼き付ける工程に用いられている投影露光装置では、 $1/5$ 倍、 $1/4$ 倍の光学系が用いられることが多い。これは、過去の発展の歴史において、ある程度の広視野と高解像を両立しつつ、ゴミの転写の影響回避などの諸条件を満足するために、これらの倍率が用いられてきた。しかし、より高解像を求めて開口数を拡大するためには、従来の倍率系ではレンズ径が大きくなりすぎ、製造上の困難さを招いてしまう。レンズ径の拡大を招くことなく開口数を大きくするためには、球面収差を補償することはもちろんであるが、これはレンズ枚数を十分に確保することで、ある程度解決できる。しかし、ベッツバル和を補償するためには、近軸光線の高い位置に正レンズを配置して、低い位置に負レンズを配置する構成は避けることができない。そのため、開口数を大きくするとその分だけレンズ径が拡大してしまう。

【0007】そこで、投影レンズの縮小率を上げること

で、相対的に負レンズ群のパワーを増大させることで、よりベッツバル和を容易に負の方向へ導くことが可能となり、比較的近軸光線の低い位置に正レンズ群を配置することが可能となり、レンズ径を抑えることができる。すなわち条件式（2）によって、大きな開口数を有する光学系を実現するために好ましい投影倍率を規定することができる。条件式（2）の下限を越えると、縮小率があまり上がらないため、従来レンズと同様にレンズ径の拡大を抑えることが困難となり好ましくない。逆に条件式（2）の上限を越えると、像面上の露光領域に対して、第1物体面の領域が大きくなり、ディストーションの補正が困難となるばかりでなく、第1物体となる原板が大きくなることで、その製造上の困難さが増し、また、重力によるたわみの影響などの影響も無視できなくなるため好ましくない。条件式（2）の上限は、 -0.15 とすることがより好ましい。

【0008】なお、本発明は上記の構成によって、十分に大きな開口数を持つ場合でも、レンズ外径の拡大を抑えることができる投影光学系を提供するものである。したがって本発明による効果を十分に享受しようとするためには、投影光学系の像側最大開口数を NA としたとき、 NA が十分に大きく、すなわち例えば $NA > 0.5$ となるように形成することが好ましい。 $NA \geq 0.65$ の場合はなおいっそうのことである。また本発明においては、第1レンズ群は少なくとも2枚の正レンズを含み、第2レンズ群は少なくとも3枚の負レンズを含み、第3レンズ群は少なくとも2枚の正レンズを含み、第4レンズ群は少なくとも5枚の正レンズと少なくとも3枚の負レンズを含むことが好ましい。

【0009】また本発明においては、

$$(3) 0.1 < F1/TT < 0.4$$

$$(4) 0.03 < -F2/TT < 0.07$$

$$(5) 0.05 < F3/TT < 0.3$$

$$(6) 0.04 < F4/TT < 0.2$$

なる条件を満たすことが好ましい。但し、

$F1$ ：第1レンズ群の焦点距離

$F2$ ：第2レンズ群の焦点距離

$F3$ ：第3レンズ群の焦点距離

$F4$ ：第4レンズ群の焦点距離

である。

【0010】条件式（3）～（6）は、それぞれ第1～第4レンズ群の適正なパワー範囲を規定するものである。条件式（3）の上限を越える場合には、第2、第4レンズ群で発生する負のディストーションを第1レンズ群で補正しきれないため好ましくない。条件式（3）の上限は、 0.3 とすることがより好ましい。逆に条件式（3）の下限を越えると、高次の正のディストーションが発生する原因となるため好ましくない。条件式（3）の下限は、 0.2 とすることがより好ましい。条件式（4）の上限を越える場合には、ベッツバル和の補正

が不十分となり、像の平坦性の悪化を招く。条件式

(4) の上限は、0.06 とすることがより好ましい。逆に条件式 (4) の下限を越えると、正のディストーションの発生が大きくなり、良好な補正が困難となる。

【0011】条件式 (5) の上限を越える場合には、第3レンズ群が第2レンズ群とによって形成する逆望遠系のテレ比が大きくなるから系の長大化を招き、第3レンズ群での正のディストーションの発生量が小さくなり、第2、第4レンズ群で発生する負のディストーションの補正が難しくなるため好ましくない。条件式 (5) の上限は、0.2 とすることがより好ましい。逆に条件式

(5) の下限を越えると、高次の球面収差およびコマが発生し、像の悪化を招き好ましくない。条件式 (5) の下限は、0.1 とすることがより好ましい。条件式

(6) の上限を越える場合には、系の長大化およびレンズ径の拡大を招き好ましくない。条件式 (6) の上限は、0.1 とすることがより好ましい。逆に条件式

(6) の下限を越えると、高次の球面収差およびコマが発生し、像の悪化を招き好ましくない。

【0012】また本発明においては、

$$(7) \quad 0.7 < E\phi / (H_i + 0.2 \times T \times \tan(\sin^{-1}(NA))) < 1.1$$

なる条件を満たすことが好ましい。但し、

$E\phi$: 投影光学系を構成するレンズの最大有効径

H_i : 第2物体上の最大像高

NA : 投影光学系の像側最大開口数

である。

【0013】条件式 (7) は、本発明の投影光学系において、十分な光学性能を実現する上で、光軸と直交する方向についてのスケールファクターを規定するものである。条件式 (7) の上限を越える場合には、全長に対してレンズ径が大きくなり、正レンズ群である第1、第3、あるいは第4レンズ群が大きくなり、他のレンズ群のスペースが小さくなり、結果として収差補正に十分なレンズ配置を実現できなくなり、十分な光学性能を達成できなくなるので好ましくない。条件式 (7) の上限は、1.0 とすることがより好ましい。逆に条件式

(7) の下限を越えると、負のパワーの第2レンズ群に対して、正レンズ群である第1、第3、あるいは第4レンズ群のパワーが大きくなり、高次の球面収差、コマやディストーションが特に悪化し、十分な光学性能を達成できなくなるので好ましくない。条件式 (7) の下限は、0.8 とすることがより好ましい。

【0014】また、以上の投影光学系は、投影原版上の回路パターンを感光性基板上に転写することによって半導体デバイスを製造する露光装置に組み込まれる。その際、投影原版上の回路パターンを照明する照明光学系に用いる光源としては、紫外域の光を発する光源を用い、この光源からの光束を狭帯化するように構成し、また、投影光学系を構成する各レンズを単一の硝材によって形

成することが好ましい。

【0015】

【発明の実施の形態】以下に本発明の実施の形態について、図面を参照して説明する。図1は本発明による露光装置の第1実施例に係る逐次露光型の露光装置を示し、図2は第2実施例に係る走査型の露光装置を示す。両露光装置は、ともに集積回路素子や液晶パネルなどのデバイスの回路パターンを形成する際の露光工程に用いられる。まず、図1の第1実施例では、投影光学系PLの物体面には、所定の回路パターンが描かれた投影平板としてのレチクルR (第1物体) が配置されており、投影光学系PLの像面には、感光性基板としてのウエハW (第2物体) が配置されている。ここで、レチクルRはレチクルステージRSに保持されており、ウエハWは少なくとも投影光学系PLの光軸と直交するXY方向に可動なウエハステージWSに保持されている。また、レチクルRの上方(Z方向側)には、紫外域の露光光によってレチクルRの照明領域IAを均一に照明するための照明光学系ILが配置されている。この実施の形態においては、照明光学系ILは、紫外域の光を発する光源 (図示せず)、すなわちKrFエキシマレーザ ($\lambda = 248 \text{ nm}$) を用いており、また照明光学系ILの中には、KrFエキシマレーザからの自然発光を狭帯化するフィルター (図示せず) が配置されている。以上の構成により、照明光学系ILから供給される露光光は、レチクルR上の照明領域IAを均一に照明する。このレチクルRを通過した露光光は、投影光学系PLの開口絞りASの位置に光源像を形成する。すなわち、レチクルRは照明光学系ILによってケラー照明されている。そして、ウエハW上の露光領域EAには、レチクルRの照明領域IA内の像が形成され、これにより、ウエハWにはレチクルRの回路パターンが転写される。

【0016】次に、図2の第2実施例では、レチクルRを保持するレチクルステージRSと、ウエハWを保持するウエハステージWSとが、露光中において互いに逆方向へ走査する点が図1の例とは異なっている。これにより、ウエハWには、レチクルR上の回路パターンの像が走査露光される。上記両実施例における投影光学系PLとしては、以下に述べる構成のものが採用されている。そしてレチクルR上に描かれた回路パターンを照明光学系ILによって照明する工程と、投影光学系PLを用いて回路パターンの像をウエハWに転写する工程とを含むことによって、半導体デバイスを製造するものである。なお両実施例の投影光学系PLとも、第1物体側 (レチクルR側) および第2物体側 (ウエハW側) において、実質的にテレセントリックとなっており、縮小倍率を有するものである。また上記両実施例では、第2物体としてウエハWを配置した場合を示したが、液晶パネルを製造するときには、第2物体としてガラスプレートを配置することとなる。

【0017】次に図3は本発明による投影光学系の第1実施例を示し、図6は第2実施例を示す。両実施例の投影光学系とも、第1物体としてのレチクルR上のパターンの像を第2物体としてのウエハW上に投影するものであり、レチクルR側から順に、正のパワーを有する第1レンズ群G₁、負のパワーを有する第2レンズ群G₂、正のパワーを有する第3レンズ群G₃、正のパワーを有する第4レンズ群G₄より構成されている。また開口絞りASは、第4レンズ群G₄中に配置されている。

【0018】図3に示す投影光学系の第1実施例において、第1レンズ群G₁は、レチクルR側に平面を向けた平凸レンズL₁₁、両凸レンズL₁₂、レチクルR側に凸面を向けた負のメニスカスレンズL₁₃、両凸レンズL₁₄、両凸レンズL₁₅からなる。第2レンズ群G₂は、レチクルR側に凸面を向けた負のメニスカスレンズL₂₁、両凸レンズL₂₂、レチクルR側に凸面を向けた負のメニスカスレンズL₂₃、両凹レンズL₂₄、両凹レンズL₂₅、両凹レンズL₂₆からなる。第3レンズ群G₃は、ウエハW側に凸面を向けた正のメニスカスレンズL₃₁、ウエハW側に凸面を向けた負のメニスカスレンズL₃₂、ウエハW側に凸面を向けた正のメニスカスレンズL₃₃、両凸レンズL₃₄、両凸レンズL₃₅からなる。第4レンズ群G₄は、レチクルR側に凸面を向けた正のメニスカスレンズL₄₁、レチクルR側に凸面を向けた負のメニスカスレンズL₄₂、レチクルR側に凸面を向けた負のメニスカスレンズL₄₃、両凹レンズL₄₄、ウエハW側に凸面を向けた負のメニスカスレンズL₄₅、ウエハW側に凸面を向けた正のメニスカスレンズL₄₆、ウエハW側に凸面を向けた正のメニスカスレンズL₄₇、両凸レンズL₄₈、ウエハW側に凸面を向けた負のメニスカスレンズL₄₉、両凸レンズL₄₁₀、レチクルR側に凸面を向けた正のメニスカスレンズL₄₁₁、レチクルR側に凸面を向けた正のメニスカスレンズL₄₁₂、レチクルR側に凸面を向けた正のメニスカスレンズL₄₁₃、レチクルR側に凸面を向けた負のメニスカスレンズL₄₁₄、レチクルR側に凸面を向けた正のメニスカスレンズL₄₁₅からなる。

【0019】また、図6に示す投影光学系の第2実施例において、第1レンズ群G₁は、レチクルR側に平面を向けた平凸レンズL₁₁、両凸レンズL₁₂、両凸レンズL₁₃、ウエハW側に凸面を向けた正のメニスカスレンズL₁₄、両凸レンズL₁₅からなる。第2レンズ群G₂は、レチクルR側に凸面を向けた負のメニスカスレンズL₂₁、両凸レンズL₂₂、レチクルR側に凸面を向けた負のメニスカスレンズL₂₃、両凹レンズL₂₄、両凹レンズL₂₅、両凹レンズL₂₆からなる。第3レンズ群G₃は、ウエハW側に凸面を向けた正のメニスカスレンズL₃₁、ウエハW側に凸面を向けた負のメニスカスレンズL₃₂、ウエハW側に凸面を向けた正のメニスカスレンズL₃₃、両凸レンズL₃₄、両凸レンズL₃₅からなる。第4レンズ群G₄は、レチクルR側に凸面を向けた正のメニスカスレンズ

L₄₁、レチクルR側に凸面を向けた負のメニスカスレンズL₄₂、レチクルR側に凸面を向けた負のメニスカスレンズL₄₃、両凹レンズL₄₄、ウエハW側に凸面を向けた負のメニスカスレンズL₄₅、ウエハW側に凸面を向けた正のメニスカスレンズL₄₆、ウエハW側に凸面を向けた正のメニスカスレンズL₄₇、両凸レンズL₄₈、ウエハW側に凸面を向けた負のメニスカスレンズL₄₉、レチクルR側に凸面を向けた正のメニスカスレンズのL₄₁₀、レチクルR側に凸面を向けた正のメニスカスレンズL₄₁₁、レチクルR側に凸面を向けた正のメニスカスレンズL₄₁₂、レチクルR側に凸面を向けた正のメニスカスレンズL₄₁₃、レチクルR側に凸面を向けた負のメニスカスレンズL₄₁₄、レチクルR側に凸面を向けた正のメニスカスレンズL₄₁₅からなる。

【0020】以下の表1と表2に、それぞれ投影光学系の第1実施例と第2実施例の諸元と、条件式(1)～(7)中のパラメータの値を示す。両表の「レンズ諸元」中、第1欄NoはレチクルR側からの各レンズ面の番号、第2欄rは各レンズ面の曲率半径、第3欄dは各レンズ面と次のレンズ面との光軸上の間隔、第4欄はレンズ番号を示す。いずれのレンズも単一の硝材、すなわち合成石英(SiO₂)製であり、KrFエキシマレーザの波長(248nm)に対する合成石英の屈折率nは、n=1.50839である。

【0021】

【表1】

【主要諸元】

最大物体高 : 79.2

像側最大開口数 : 0.70

【レンズ諸元】

No	r	d	
0	∞	126.823	R
1	∞	13.000	L ₁₁
2	-1219.009	1.000	
3	463.352	19.469	L ₁₂
4	-40422.243	1.000	
5	351.283	13.000	L ₁₃
6	259.852	9.209	
7	425.616	25.541	L ₁₄
8	-764.955	1.000	
9	281.989	24.905	L ₁₅
10	-4520.262	1.000	
11	228.960	19.093	L ₂₁
12	118.583	17.799	
13	296.301	24.435	L ₂₂
14	-749.157	1.000	
15	23316.390	13.655	L ₂₃
16	147.258	43.556	
17	-232.667	13.000	L ₂₄
18	224.059	16.164	

19	-262.796	13.000	L ₂₅	42	-1009.618	10.000	
20	325.775	14.189		43	-611.265	29.381	L ₄₆
21	-338.099	13.000	L ₂₆	44	-213.804	1.000	
22	790.196	31.754		45	-	10.535	A S
23	-1533.927	25.522	L ₃₁	46	-3708.114	26.027	L ₄₇
24	-241.722	10.866		47	-390.735	1.000	
25	-169.181	39.937	L ₃₂	48	403.873	52.274	L ₄₈
26	-213.872	1.000		49	-403.387	12.998	
27	-1638.209	26.854	L ₃₃	50	-275.993	23.359	L ₄₉
28	-333.782	1.000		51	-402.853	1.000	
29	789.230	30.098	L ₃₄	52	381.074	33.562	L ₄₁₀
30	-750.984	1.000		53	-13410.520	1.000	
31	510.222	36.138	L ₃₅	54	200.594	34.891	L ₄₁₁
32	-774.798	10.810		55	456.048	1.000	
33	305.627	25.875	L ₄₁	56	172.868	27.630	L ₄₁₂
34	876.606	16.099		57	282.240	1.000	
35	229.581	38.445	L ₄₂	58	130.675	36.950	L ₄₁₃
36	150.672	16.442		59	331.635	6.383	
37	268.286	13.212	L ₄₃	60	521.082	14.270	L ₄₁₄
38	156.609	43.175		61	78.027	20.160	
39	-211.698	22.545	L ₄₄	62	90.585	63.772	L ₄₁₅
40	563.805	42.578		63	660.673	11.475	
41	-173.000	22.143	L ₄₅	64	∞		W

[条件対応値]

(1) $|E_n|/TT = 3.077$ (2) $\beta = -0.167$ (3) $F1/TT = 0.274$ (4) $-F2/TT = 0.047$ (5) $F3/TT = 0.148$ (6) $F4/TT = 0.082$ (7) $E\phi/(Hi + 0.2 \times TT \times \tan(\sin^{-1}(NA))) = 0.953$

【0022】

【表2】

[主要諸元]

最大物体高 : 79.2

像側最大開口数 : 0.70

[レンズ諸元]

No	r	d				
0	∞	60.000	R	12	134.873	13.355
1	∞	13.000	L ₁₁	13	223.066	27.065 L ₂₂
2	-4229.212	76.768		14	-832.483	16.171
3	1500.665	16.860	L ₁₂	15	1720.345	20.318 L ₂₃
4	-1016.232	1.000		16	114.539	25.717
5	919.561	15.569	L ₁₃	17	-283.906	17.623 L ₂₄
6	-3600.448	2.541		18	211.304	18.680
7	-2556.320	15.474	L ₁₄	19	-232.392	14.352 L ₂₅
8	-575.763	1.000		20	363.497	16.129
9	366.596	22.829	L ₁₅	21	-239.391	13.224 L ₂₆
10	-3581.778	1.000		22	2648.837	32.386
11	206.228	19.957	L ₂₁	23	614.245	26.417 L ₃₁
				24	-195.498	6.134
				25	-170.472	39.937 L ₃₂
				26	-207.715	1.012
				27	-1745.615	25.811 L ₃₃
				28	-348.534	1.013
				29	689.697	29.236 L ₃₄
				30	-904.004	5.211

31	397.101	35.526	L ₃₅	48	372.277	49.558	L ₄₈
32	-1409.856	2.186		49	-453.455	13.767	
33	317.695	26.830	L ₄₁	50	-283.932	23.359	L ₄₉
34	1188.840	13.182		51	-428.362	1.000	
35	241.321	38.445	L ₄₂	52	340.205	33.144	L ₄₁₀
36	153.969	14.992		53	6649.009	1.000	
37	256.132	14.145	L ₄₃	54	216.001	32.687	L ₄₁₁
38	152.085	47.741		55	549.478	1.000	
39	-206.732	36.268	L ₄₄	56	173.858	26.771	L ₄₁₂
40	604.352	42.121		57	283.739	1.000	
41	-174.493	22.599	L ₄₅	58	133.099	36.533	L ₄₁₃
42	-845.769	10.000		59	376.281	6.027	
43	-553.322	29.239	L ₄₆	60	625.841	13.357	L ₄₁₄
44	-205.969	1.000		61	86.661	20.071	
45	—	10.535	A S	62	95.803	63.457	L ₄₁₅
46	-3783.006	24.943	L ₄₇	63	616.803	10.728	
47	-401.149	1.000		64	∞		W

〔条件対応値〕

$$(1) |E_n|/TT = 3.077$$

$$(2) \beta = -0.167$$

$$(3) F1/TT = 0.207$$

$$(4) -F2/TT = 0.056$$

$$(5) F3/TT = 0.145$$

$$(6) F4/TT = 0.080$$

$$(7) E\phi / (Hi + 0.2 \times TT \times \tan(\sin^{-1}(NA))) = 0.925$$

【0023】図4に投影光学系の第1実施例について、球面収差、非点収差、及び歪曲収差を示し、図5に横収差を示す。同様に、図7に投影光学系の第2実施例について、球面収差、非点収差、及び歪曲収差を示し、図8に横収差を示す。各収差図中、NAは像側最大開口数を示し、Yは像高を示す。非点収差図中、破線はメリジオナル像面を示し、実線はサジタル像面を示す。横収差図中、(A)はメリジオナル面内の光線の横収差を示し、(B)はサジタル面内の光線のサジタル方向の横収差を示す。各収差図から明らかなように、両実施例とも所要のレンズ構成を採り、且つ前記各条件式を満たすことにより、優れた結像性能を持つことが分かる。

【0024】

【発明の効果】以上のように本発明によれば、十分に広い露光範囲と、十分に大きな開口数を持ち、しかもレンズ外径の拡大を十分に抑えた投影光学系と、この投影光学系を用いた露光装置と、この露光装置を用いた半導体デバイスの製造方法が提供された。

【図面の簡単な説明】

【図1】露光装置の第1実施例を示す斜視図

【図2】露光装置の第2実施例を示す斜視図

【図3】投影光学系の第1実施例を示す構成図

【図4】投影光学系の第1実施例の球面収差、非点収差、及び歪曲収差図

【図5】投影光学系の第1実施例の横収差図

【図6】投影光学系の第2実施例を示す構成図

【図7】投影光学系の第2実施例の球面収差、非点収差、及び歪曲収差図

【図8】投影光学系の第2実施例の横収差図

【符号の説明】

I L…照明光学系

R…レチクル

I A…照明領域

R S…レチクルステージ

—

P L…投影光学系

A S…開口絞り

W…ウエハ

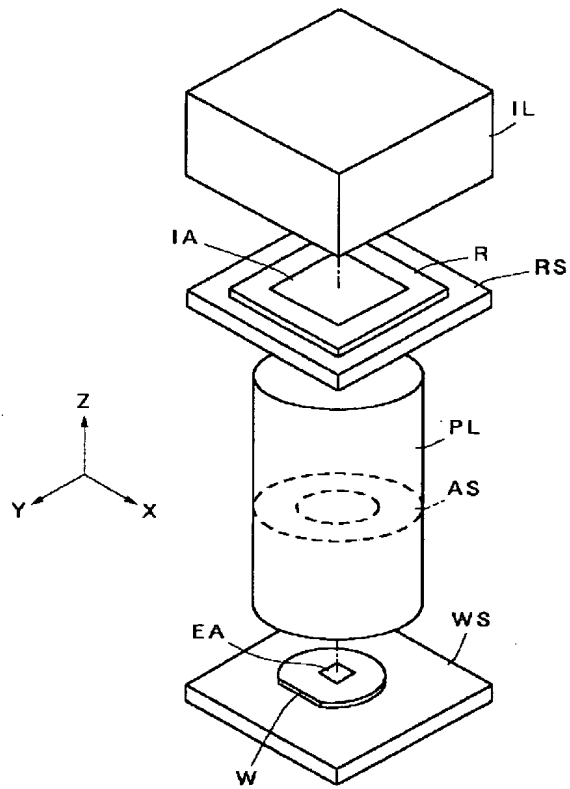
E A…露光領域

W S…ウエハステージ

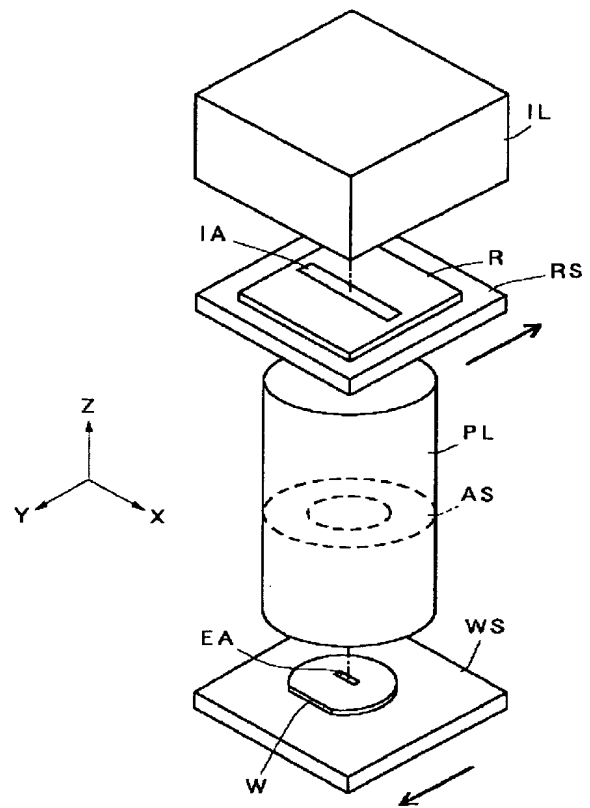
G₁～G₄…レンズ群

L₁₁～L₄₁₅…レンズ

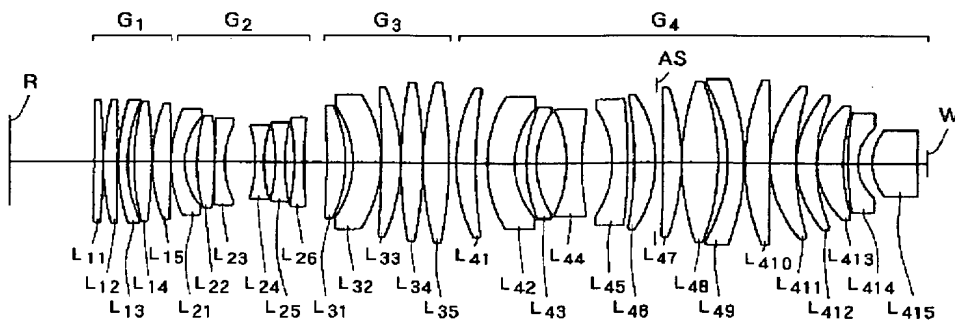
【図 1】



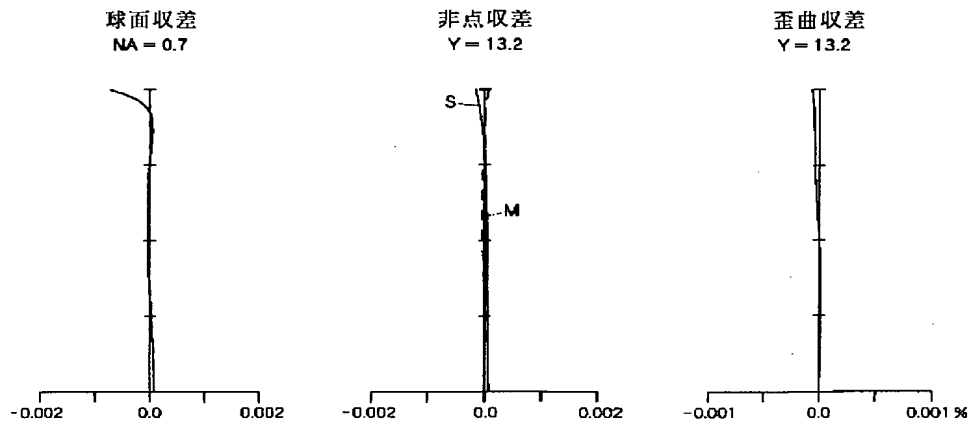
【図 2】



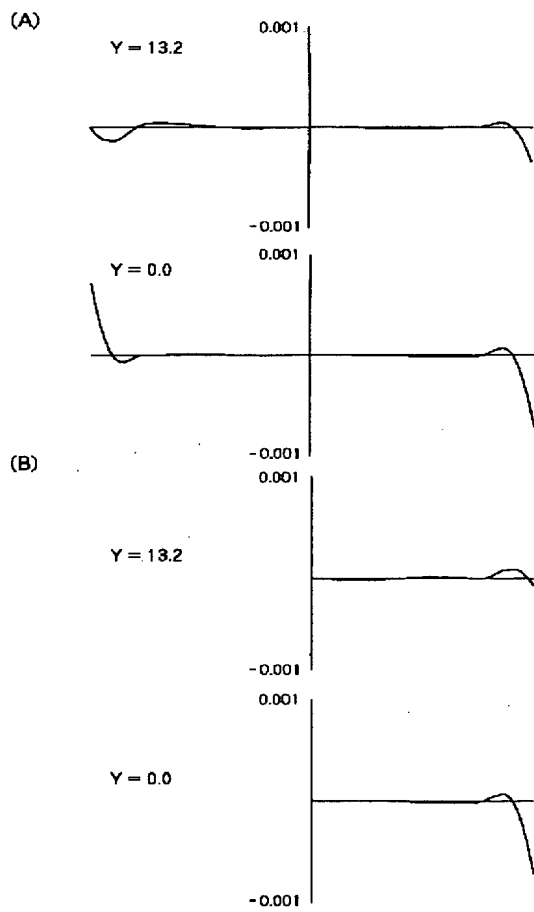
【図 3】



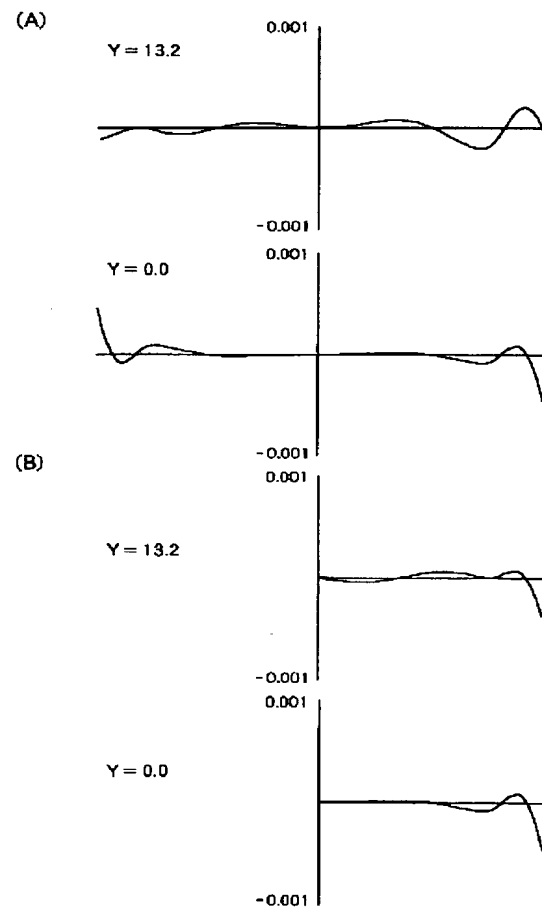
【図 4】



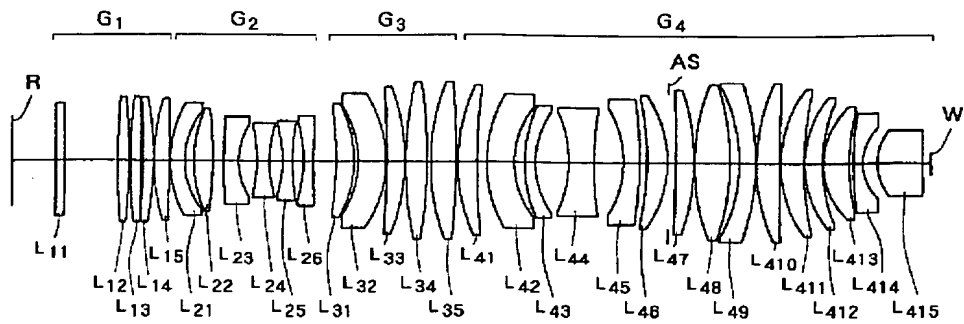
【図 5】



【図 8】



【図 6】



【図 7】

